

окружающую среду. Размещение рекуперативных горелочных устройств снижает удельный расход природного газа.

Список использованных источников

1. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Б. И. Китаев, Б. Ф. Зобнин, В. Ф. Ратников [и др.]; под общ. ред. А. С. Телегина. – М. : Металлургия, 1970. – 528 с.
2. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Б. Ф. Зобнин, М. Д. Казяев, Б. И. Китаев. – 2-е изд. – М. : Металлургия, 1982. – 360 с.
3. Теплофизические свойства веществ: справочник / под ред. Н. Б. Варгафтика. – М. : Госэнергоиздат, 1956. – 720 с.
4. Теплофизические свойства веществ: учебное пособие / В. Л. Советкин, Л. А. Федяева. – Свердловск : УПИ, 1990. – 101 с.
5. Топливо и расчеты его горения: учебное пособие / С. Н. Гущин, Л. А. Зайнуллин, М. Д. Казяев, Б. П. Юрьев, Ю. Г. Ярошенко; под ред. Ю. Г. Ярошенко. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007. – 105 с.
6. Промышленные печи: справочное руководство для расчета и проектирования / Е. И. Казанцев. – 2-е изд. – М. : Металлургия, 1975. – 368 с.

УДК 624.365

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НАСЫПНЫХ САДОК ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

RESEARCH OF HYDRAULIC RESISTANCE OF BULK CAGES OF THERMAL FURNACES

Шавитова М. О., Колибаба О. Б., Перевезенцев Г. А.
Ивановский государственный энергетический университет,
г. Иваново, tevp@tvp.ispu.ru

Shavitova M. O., Kolibaba O. B., Perevezentsev G. A.
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo

Аннотация: В данной работе было исследовано гидравлическое сопротивление насыпных садов термических печей в

процессе фильтрации продуктов сгорания через садку. Определены коэффициенты сопротивления садок при различных значениях порозности.

Abstract: In this work was to investigate the hydraulic resistance of bulk cages of thermal furnaces in the process of filtration of combustion products through the cages. Identified the resistance coefficients of the cages for different values of porosity.

Ключевые слова: насыпная садка; термическая печь; фильтрация; порозность; критерий Рейнольдса; коэффициент сопротивления.

Key words: bulk cages; thermal furnace; filtration; porosity; the Reynolds criterion; coefficient of resistance.

Термическая печь – это промышленная печь, предназначенная для проведения различных операций термической или химико-термической обработки металлических изделий. В термических печах подвергаются обработке разнообразные сложные садки. Садку, образованную большим количеством сравнительно мелких заготовок, нагреваемую в печи в контейнерах, на поддонах или насыпью на подине, называют насыпной садкой [1].

Одним из эффективных способов, позволяющих интенсифицировать процесс нагрева насыпной садки, является организация фильтрации продуктов горения. Проникновение греющих газов между изделиями обеспечивает равномерный нагрев изделий, снижение перепадов температуры и термических напряжений. Фильтрация определяется скоростью движения газов внутри садки. При заданном перепаде давлений скорость фильтрации будет зависеть от коэффициента сопротивления трению садки.

Сопротивление слоя кусковых материалов изучено достаточно подробно применительно к материалам доменных и ваграночных шихт [2, 3]. Аналогичные данные для насыпных садок термических печей в литературе отсутствуют.

Перепады давления в рабочем пространстве термических печей невелики, следовательно, невысокими будут и скорости фильтрации газов в пористой садке. Движение газов носит зачастую ламинарный характер.

Для определения сопротивления при фильтрации газов в насыпной садке воспользуемся формулой Жирара:

$$\Delta p = \zeta \frac{H}{d_s} \frac{w}{2f} \rho, \quad (1)$$

где H – высота садки; d_s – эквивалентный диаметр куска (поры); w – средняя скорость движения газа.

Для ламинарного режима коэффициент сопротивления трению рассчитывается по формуле:

$$\zeta = \frac{A}{Re}, \quad (2)$$

где коэффициент A характеризует геометрию канала в садке.

В задачу экспериментального исследования входило определение коэффициента A по величинам ζ (из формулы(1)) и значению числа Re .

Определение коэффициента сопротивления трению в насыпных садках осуществлялось на воздушной физической модели, выполненной в масштабе 1:4. Схема экспериментальной установки показана на рис. 1.

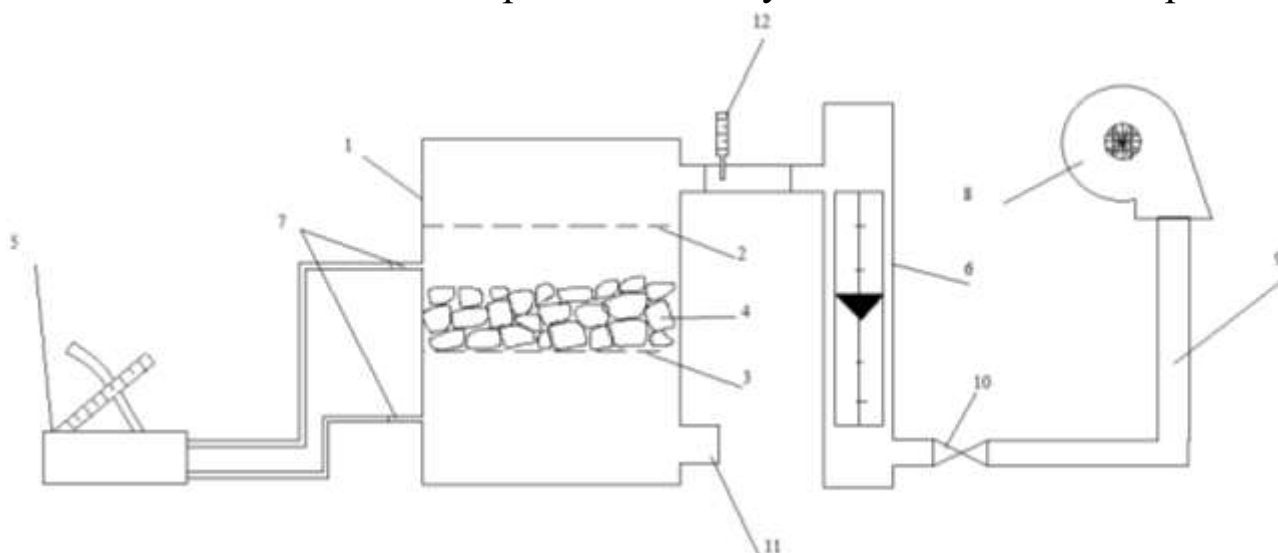


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

- 1 – корпус; 2 – распределительная решётка; 3 – решётка; 4 – пористая садка; 5 – микроманометр ЛТА; 6 – ротаметр РМ40Г; 7 – штуцеры;
8 – вентилятор; 9 – воздуховод; 10 – регулировочный вентиль;
11 – воздухоотводная трубка; 12 – термометр

Воздух от вентилятора по воздуховоду 9 поступал в металлический корпус 1 и пройдя распределительную решетку 2, фильтровался через пористую садку 4. Садка располагалась на решётке 3. Удаление воздуха осуществлялось через воздухоотводную трубку 11. Расход подаваемого в модель воздуха измерялся ротаметром РМ40Г (6), а перепад давлений в садке микроманометром ЛТА (5). Контроль температуры воздуха осуществлялся термометром 12.

Модель садки формировали из металлических заготовок ($d_s = 0,015\text{ м}$), геометрически подобных нагреваемым в производстве, и размещали на решетке (см. рис. 1). Через садку осуществлялась фильтрация воздуха постоянной температуры ($t = 25^\circ\text{C}$). В ходе эксперимента фиксировали перепад давления в садке при изменении скорости фильтрации воздуха, порозности и высоты садки.

Высоту садки изменяли от 0,03 м до 0,1 м, порозность от 0,78 до 0,45. Скорость движения воздуха через садку составляла от 0,074 м/с до 0,333 м/с.

Результаты эксперимента обработаны в виде номограмм, представленных на рис. 2, 3.

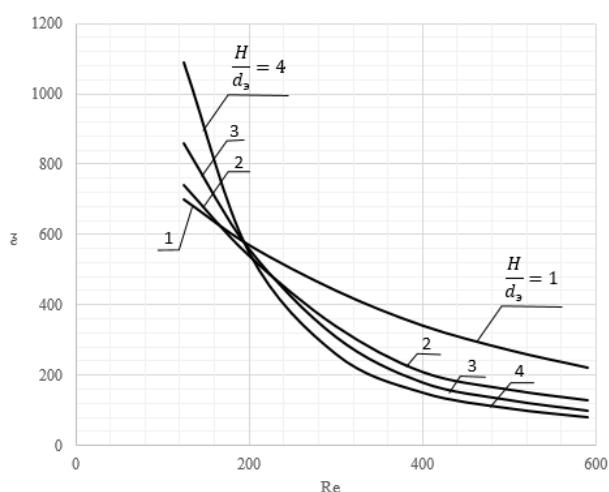


Рис. 2. Номограмма для определения коэффициентов сопротивления трению в слое с $f=0,59$

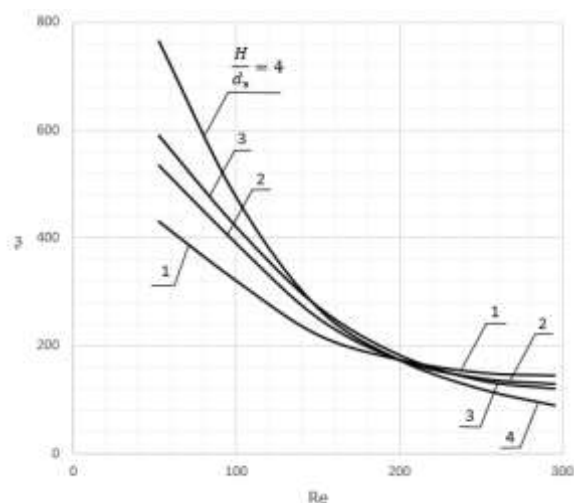


Рис. 3. Номограмма для определения коэффициентов сопротивления трению в слое с $f=0,78$

Из рисунков видно, что кроме порозности и числа Рейнольдса, на коэффициент сопротивления трению в садке влияет безразмерная высота садки ($\frac{H}{d}$). Это объясняется небольшими в эксперименте значениями $\frac{H}{d}$. При $H \gg d$ высота слоя на коэффициент сопротивления не влияет.

Список использованных источников

1. Бровкин Л. А. Температурные поля тело при нагреве и плавлении в промышленных печах. – Иваново : ИЭИ, 1973. – 364 с.
2. Китаев Б. И. [и др.] Тепло- и массообмен в плотном слое. М. : Металлургия, 1972. – 430 с.
3. Гоберис С. Ю. [и др.] Температурные и скоростные поля в газовой вагранке // Изв. вузов. Черная металлургия, 1986. № 7. С. 119–122.

УДК 622.32:665.72

ПРИМЕНЕНИЕ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В ТЕПЛО И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ, КАК СПОСОБ ЕГО УТИЛИЗАЦИИ

APPLICATION OF CONTINUOUS OIL-GAS IN HEAT AND ELECTRIC POWER, AS THE WAY OF ITS DISPOSAL

Шеин В. М, Краснова Н. П.

Самарский государственный технический университет, г. Самара
shein512.54@gmail.com,

Shein V. M, Krasnova N. P.

Samara State Technical University, Samara

Аннотация: В данной работе рассматриваются перспективы и проблемы использования ПНГ в тепло и электроэнергетике. К числу основных проблем развития нефтяного комплекса относят проблему